



LANO AKO PROSTRIEDOK ZELENEJ DOPRAVY

Stanislav Kučera¹, Matej Kučera², Andrej Kučera³

Kľúčové slová: lano, energetické a ekologické zaťaženie životného prostredia, zelená doprava – cesta k zdravému životu.

Abstrakt:

Pri premene energie nejakého druhu na druh nami požadovaný vždy existuje niečo, čo nie je žiaduce a žiaľ často i pre životné prostredie veľmi škodlivé. Snahou každej civilizovanej spoločnosti je vytvárať pri premene akejkoľvek energie na nami požadovaný druh energie také podmienky, aby bola možná počas takéhoto procesu možnosť aplikácie všetkých dostupných vedecko-výskumných poznatkov. Takéto poznatky musia nutne zvýšiť účinnosť a v podstatnej miere znížiť straty, ktoré sú takmer vždy nežiaducim prvkom pre životné prostredie. Jedným z takýchto poznatkov v dopravnej transmisii je aplikácia lán v zelenej integrovanej doprave, čo je v stručnosti opísané v tomto príspevku.

1. Úvod

Synergetické efekty elektrotechniky, mechaniky, fyziky, logistiky a príbuzných vedných odborov súvisiacich s riešením „zelenej dopravy“ sú zhrnuté v predstavenom príspevku. Neoddeliteľnou súčasťou akejkoľvek analýzy sú nielen vplyvy na technický život jednotlivých komponentov dopravnej transmisie, ochrana človeka pred nepriaznivými účinkami dopravných prostriedkov, ale aj ich nežiaducimi a často i značne škodlivými vplyvmi na celkové životné prostredie a to najmä z hľadiska ich dlhodobej aplikácie. V súčasnosti, a najmä po vstupe do EÚ, sa mediálne zdôrazňuje, aké ma Slovensko možnosti integrácie, a to mimo vývozu sofistikovanej činnosti. V internom prostredí je to najmä v oblasti cestovného ruchu. V tomto príspevku bude ťažiskom predstavenej problematiky aplikácie lán v cestovnom ruchu SR.

2. Stručný historický prehľad

Doprava, v ktorej nositeľom trakčnej sily bolo -lano-, je dávno známa. Prvé nekompletné záznamy o používaní lana v doprave poznáme z vyobrazení už v staroegyptskej dobe r. 4000 pred Kristom. Prvé historicky dokladované informácie o aplikácii lana v doprave pochádzajú z r. 236 pred Kristom; konštruktérom tohto výťahu bol grécky matematik a fyzik Archimedes [1]. Prastarý je nápad, ako sa dostať cez prírodné prekážky, rieky a údolia po lane. V kultúrnych krajinách staroveku, ako boli India, Čína, Japonsko, vznikali okrem primitívnych mostov i akési lanovky. Na starých japonských obrazoch nájdeme lanovky s korbami zavesenými na dvoch súbežných lanách, z ktorých bolo jedno ťažné lano. Náčrt využitia lanovky pre vojenské účely na prepravu munície je uchovaný od Faustusa Verantiusa z r.1617 [2]. I keď lanová doprava z konca 19. storočia bola skôr atrakciou ako ekologickou nutnosťou, napr. pozemná lanovka na Vezuv z r. 1880, kabínková visutá lanovka postavená fy. Cerretti-Tanfani (r.1894) pre svetovú výstavu v Miláne, aplikácie lana v doprave sú ďaleko rozsiahlejšie, napr. pri ťažbe zlata, diamantov, drahých kovov, kde dĺžka lanovej dopravy – zelenej dopravy – nezriedka býva 40 až 70 km, lanovky v lesoch Slovenska atď. Prvý výťah s bezprevodovým (mechanickým) strojom bol nainštalovaný v New Yorku už v roku 1903 (Leonardove zapojenie).

¹ doc. Ing. Stanislav Kučera, CSc., ŽU v Žiline EF-KTAE Elektrotechnická fakulta, Veľký diel, 010 26 Žilina, Tel.: 421 41 5132118, e-mail: kucera@fel.uniza.sk

² Ing. Matej Kučera, PhD., ŽU v Žiline EF-KTAE Elektrotechnická fakulta, Veľký diel, 010 26 Žilina, Tel.: 421 41 5132118, e-mail: kuceram@fel.uniza.sk

³ Ing. Andrej Kučera, Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice

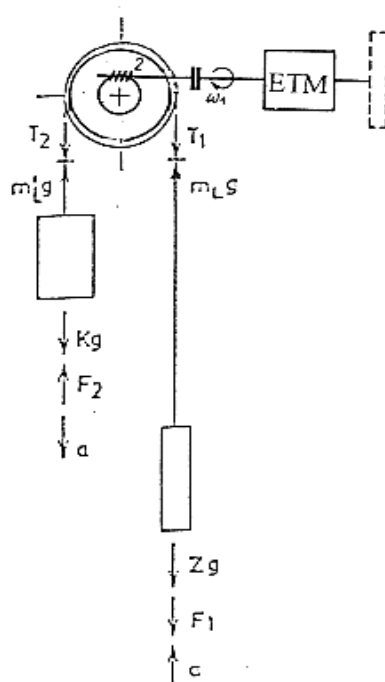
V súčasnosti, vďaka jednoduchosti, finančnej nenáročnosti a použiteľnosti i v nepriaznivých pracovných prostrediach, patria elektrické asynchrónne motory (ďalej AM) medzi najrozšírenejšie elektrické stroje, ktoré sú schopné meniť elektrickú energiu na mechanickú vo výkonovom rozmedzí od niekoľko W až po MW. V súčasnosti je vďaka polovodičovej technike na komerčnom elektrotechnickom trhu množstvo regulátorov AM, ktoré sú schopné zabezpečiť v reálnom čase požadované parametre otáčok a momentu, a to pre rôzne dĺžky dopravnej cesty.

3. Energetická náročnosť lanovej dopravy

Táto časť príspevku podáva porovnanie prepravovaných osôb rôznymi dopravnými prostriedkami do športového areálu na Martinských holiach a v rámci neho. [4]. Snahou je poukázať na existujúce pomery, ktoré z hľadiska energetického a následne i ekologického sú trvale zanedbávané, hoci riešenie tohto problému je vo všeobecnosti známe viac ako 100 rokov.

3.1. Princíp trakčného pohonu lanových dráh

Pre jednoduchosť a názornosť uvádzame na Obr. 1 princíp lanovej dopravy s protizávažím, ktoré v podstate tvorí z hľadiska dynamiky pohybu vyvážený stav. V tejto kapitole je opísaný najjednoduchší princíp lanovej dopravy, a to výťahu. Vo väčšine aplikácií výťahového – lanovkového stroja sa prenos hnacej obvodovej sily z trakčného kolesa na laná zabezpečuje výhradne trením.



Obr.1 Silové pomery pri statickom vyvážení lanovej dopravy

Pre bezpečný prenos trakčnej sily musí platiť pomer vyjadrený vzťahom (1) i za najnepriaznivejšieho stavu, t.j. pri rozjazde prázdnej kabíny z hornej polohy smerom dole [3].

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f \cdot a}, \quad (1)$$

kde T_1 – ťahová sila v lanách na nabiehajúcej strane trakčného kolesa [N]

T_2 – ťahová sila v lanách na zbiehajúcej strane trakčného kolesa [N]

f – súčiniteľ šmykového trenia v drážke trakčného kolesa

a – uhol opásania v oblúkovej miere.

Pre principiálne zobrazenie na Obr.1 platí vzťah (2)

$$T_1 = (Z + m_L) \cdot g + F_1 \quad \text{kde: } F_1 = (Z + m_L) \cdot a$$

$$T_2 = (K + m_L) \cdot g - F_2 \quad \text{kde: } F_2 = (K + m_L) \cdot a$$

Po dosadení do Eulerovho vzťahu

a po úprave:

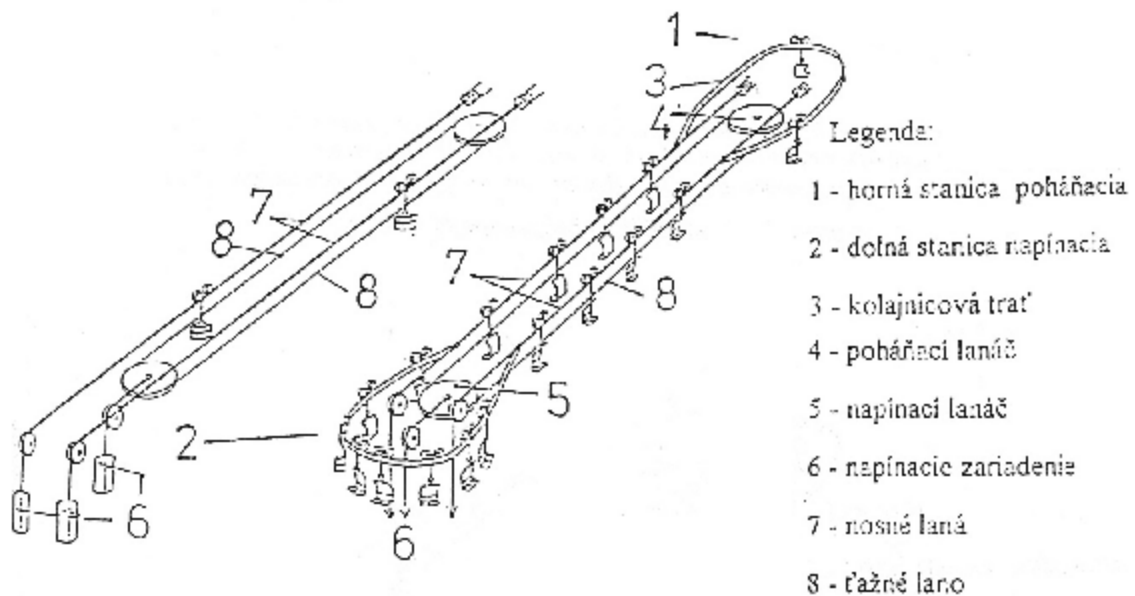
$$\frac{(Z + m_L).(g + a)}{(K + m'_L).(g - a)} \leq e^{f'.\alpha}$$

$$\frac{Z + m_L}{K + m'_L} . c \leq e^{f'.a} , \quad (3)$$

kde - χ je súčiniteľ zrýchlenia
a má hodnotu :

$$\chi = \frac{g + a}{g - a}$$

Výrazom lanová trať alebo tiež lanovka sa obyčajne označuje každá trať, pri ktorej sa ako ťažná sústava využíva lano. V praxi sa zaužívalo prirodzené rozdelenie lanových tratí na visuté a nevisuté. Ich rôznorodosť je často iba hľadáním optima, v čom je veľmi nápomocná logistika [3], [5]. Niektoré systémy lanovej dopravy sú znázornené na Obr. 2.



Obr. 2 Niektoré už známe dopravné systémy lanovej dopravy

3.2. Účinnosť lanového prevodu

Účinnosť lanového prevodu je možné vyjadriť zo vzťahu pri výpočte oceľového lana, ktoré je schopné vykonávať prenos pohonu trakčnou silou a súčasne vykonávať dopravnú cestu. Výpočet nosného a i ťažného lana je vykonaný podľa STN 27 01 00, kde zaťažujúca sila F je daná vzťahom (4).

$$F = \frac{Q + G}{z.n} . \frac{g}{h} , \quad (4)$$

kde: Q - hmotnosť bremena
 G - vlastná hmotnosť častí zdvíhaných s bremenom
 z - počet vetiev lanového prevodu
 n - počet nosných prierezov v jednej vetve lanového prevodu
 g - gravitačné zrýchlenie
 h - účinnosť lanového prevodu ($\eta = 0,99$ – z STN 02 4324.41)

Celkovú účinnosť lanovej dráhy s mechanicko-lanovým prevodom možno považovať za $\eta = 0,8$.

3.3. Energetická náročnosť elektrického lanového trakčného systému

To, že sa elektromotory presadia ako trakčné pohony, nebola ani koncom 19. a najmä začiatkom 20. storočia žiadna vízia nejakého jasnovidca. Tento fakt je podložený exaktne. Výhodami tohto druhu pohonu sú jeho jednoduchosť, ale i účinnosť, o ktorej možno povedať, že je rádovo od $\eta = 0,8$ do 0,9.

Spotrebovanú energiu na trakčný pohon je možno vyjadriť vzťahom:

$$W = \int_{t_0}^{t_k} M(t) \cdot \omega_k \cdot dt, \quad (5)$$

kde: M – moment na hriadeli motora

ω_k – ustálená uhlová rýchlosť motora na hriadeli

t_0 – počiatočný čas

t_k – konečný čas

Po dosadení pohybovej rovnice do vzťahu pre vyjadrenie energie je vzťah:

$$W = \int_{\omega_0}^{\omega_k} J_{red} \cdot \omega_k \cdot d\omega + \int_{t_0}^{t_n} M_z \cdot \omega_k \cdot dt, \quad (6)$$

kde: J_{red} – redukovaný moment všetkých zotrvačností

ω_0 – počiatočná uhlová rýchlosť

M_z – moment záberový

Celkovú spotrebovanú elektrickú energiu je možné rozdeliť na energiu rozjazdu a na energiu pri jazde ustálenou rýchlosťou. Pri výpočte je uvažované s tým, že elektrický trakčný motor zo siete energiu odoberá, ale i vracia (ak ide plne obsadená kabína smerom dole). Vo výpočte nie je uvažované s prenášaním hmotnosti lán, nakoľko pri dlhších prepravných vzdialenostiach ide takmer vždy o vyváženú dopravnú sústavu. Súčasne nie je uvažované ani so spotrebou ovládacích a zabezpečovacích obvodov.

3.4. Energetická náročnosť spaľovacieho motora

Spaľovací motor je stroj, ktorý spálením paliva premieňa jeho chemickú energiu na mechanickú prácu [5]. K spaľovaniu paliva, alebo palivovej zmesi môže dochádzať v motore, ale aj mimo motora. V súčasnosti najviac rozšírenými motormi sú: zážihový piestový (spaľovací) motor, v ktorom sa cudzím zdrojom tepla (spravidla zapaľovacou sviečkou) zapaľuje stlačená zápalná zmes plyného alebo ľahkého kvapalného paliva a vzduchu, a vznetrový piestový (spaľovací) motor, niekedy označovaný aj ako dieselový motor, v ktorom sa zmes paliva a vzduchu zapaľuje pôsobením vysokej teploty vzduchu stlačeného v pracovnom priestore motora. Najčastejšie ide o naftový motor (palivom je nafta). Označenie dieselový motor je historické podľa vynálezcu. Ku kontaktu paliva so vzduchom dochádza po jeho vstreknutí do spaľovacieho priestoru. Účinnosť takýchto motorov je spravidla do 30%. Tieto motory z hľadiska ekológie sú o niečo miernejšie ako benzínové. To je však iba jedna z nevýhod; druhá, podstatne väčšia nevýhoda je v tom, že ak sa rozhodnete dopraviť sa automobilom do uvedeného strediska, musíte prekonať vzdialenosť cca 12 km s výškovým rozdielom cca 1000 m a s hmotnosťou auta cca 1500 kg (ak sa nerozhodnete ísť peši). Podľa štatistických zistení v osobnom automobile sa prepravujú dve max. tri osoby, čiže pre každých 160 až 240 kg je nutne prepraviť ešte 1500 kg hmoty automobilu, a to tiež nie je zanedbateľná energetická záťaž.

4. Záver

V predstavenom príspevku chceme poukázať nielen na energetickú náročnosť, o ktorej možno povedať „veď na to máme“, ale hlavne ekologickú, ktorá už nie je iba problém jedincov, ktorí na to majú, ale i problém celospoločenský [6], [7]. Z hľadiska elektroenergetického je možné využiť i energiu získanú rekuperáciou, najmä ak odchádzajú lyžiari v podvečerných hodinách dole a kabínky idú prázdne hore. Pri dokonale vyváženom systéme, t.j. hmotnosť kabín smerom hore resp. dole sa navzájom rovnajú, je potrebná iba energia na prepravu cestujúcich. Ak vezmeme do úvahy účinnosť $\eta = 0,8$ celej lanovej dopravy (spôsob využitia takto získanej energie je už v logistickom umení prevádzkovateľov), je až zarážajúce, že o realizáciu lanovej dopravy, ktorá je nielen technicky, ale i logisticky dávno známa na Slovensku viac ako 150 rokov, sa nikto z kompetentných nezaujíma a ani sa k nej nevyjadruje.

Článok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA 1/0864/10 s názvom "Návrh modelu integrovaného dopravného systému nerastrných surovín riadeného informačným systémom s implementáciou zelenej logistiky" a VEGA 1 / 0095 / 10 "Výskum podmienok degradácie a pokles životnosti dopravníkových pásov potrubných dopravníkov s použitím progresívnej matematických a simulačných metód pre zvýšenie spoľahlivosti" a APVV Projekt SK-SRB-0034-09 s názvom "Návrh logistického modelu ťažobného podniku s aplikáciou princípov dopravnej a reverznej logistiky".

Literatúra:

- [1] Janovský, L., Doležal, J.: Výťahy a eskalátory, Praha 1980 SNTL – Nakladatelství technické literatury.
- [2] Hons, J.: Horské dráhy sveta. Praha NADAS 1985.
- [3] Tondl, A.: Dynamické a pevnostné problémy strojníckych konštrukcií SAV Pezinok 1983.
- [4] Marasová, D., Taraba, V. a kol.: Riadenie dopravných systémov, 1. kapitola. In: *Riadenie dopravy*. 1.vyd., Košice: F BERG, TU v Košiciach 2005. s. 230. ISBN 80-8073-297-3.
- [5] Taraba, V.: Informácia v manažmente dopravy. In: Hradecké ekonomické dny 2010. Ekonomický rozvoj a manažment regiónu. Hradec Králove 2010. s. 174-177. ISBN 978-80-7435-041-2.
- [6] Grendel, V., Šimková, H.: Manažment dopravy surovín. 1.vyd. Košice: Edičné stredisko/AMS Fakulta BERG, 2008, s.115. ISBN 978-80-553-0045-0.
- [7] Kučera, S. a kol.: Výskum možnosti zníženia ekologického zaťaženia životného prostredia efektívnym využitím elektrickej trakcie v aplikáciach konvenčnej a nekonvenčnej dopravy. VŠDS Žilina EF.1996.

Recenzia/Review: *prof. Ing. Daniela Marasová, CSc.*